

ANALISA TEGANGAN PADA PEMBENTUKAN KOMPONEN GROMMET GASKET EXHAUST SEPEDA MOTOR MELALUI DEEP DRAWING

Soegiatmo Rahardjo, Wisnu Tri Yulianto

Universitas Muhammadiyah Jakarta, Jurusan Teknik Mesin

ABSTRAK

Dalam proses pembentukan komponen grommet gasket exhaust sepeda motor melalui deep drawing sangat dimungkinkan terjadi kegagalan proses yang akan berdampak terhadap penurunan produktifitas pada proses produksi. Kegagalan proses yang sering terjadi yaitu terjadi pecah (crack) dan kerutan (wrinkle). Berdasarkan kasus diatas, maka penulis ingin menganalisa tegangan pada pembuatan komponen grommet gasket exhaust sepeda motor diproses drawing. Dimana bahan grommet yang direncanakan nantinya dapat dicegah dan diestimasi tidak akan terjadi kegagalan dalam proses pembentukannya. Hasil perhitungan dan analisa adalah untuk membentuk komponen grommet gasket exhaust sepeda motor melalui deep drawing supaya tidak terjadi kekurangan diameter bahan, pecah dan kerutan dalam proses pembuatannya maka diameter bahan untuk diproses adalah 64,59 mm. Sedangkan Gaya Blank Holder (F_{BH}) adalah 689,54 N dan Gaya Drawing maksimum (F_{dmax}) yang diberikan dalam perhitungan adalah 1594,19 N menyebabkan terjadi tegangan maksimum sebesar (σ_{max}) = 1,32 N/mm². Dimana Gaya Drawing maksimum ini masih jauh dari besar Gaya Cracking (F_{cr}) = 4831,05 N jadi aman untuk dibentuk dan kecil kemungkinan terjadi pecah (crack).

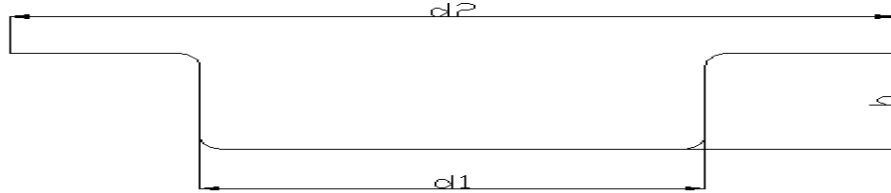
Kata kunci : Tegangan, Grommet, Gasket, Sepeda Motor, Deep Drawing.

1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan di Indonesia sektor industri mempunyai peranan penting, hal ini dikarenakan tersedianya sumber daya alam yang sangat berlimpah-limpah yang memerlukan pengolahan untuk menjadi barang yang mempunyai nilai guna lebih tinggi. Salah satu jenis industri yang banyak berperan dalam pembangunan adalah industri pengolahan logam. Dari industri ini diharapkan untuk menghasilkan bermacam-macam produk dengan laju produktifitas tinggi, sehingga dapat mengurangi berbagai produk Import. Secara umum tujuan utama yang hendak dicapai suatu industri pengolahan logam adalah memproduksi suatu benda yang berdaya guna dengan kualitas yang baik dengan cara paling ekonomis. Salah satu proses yang banyak digunakan pada industri pengerjaan logam adalah *proses pembentukan*. Dalam suatu aktifitas produksi akan terlihat berbagai macam proses pembentukan untuk mengubah bentuk material, dari bahan baku menjadi bentuk tertentu yang telah direncanakan. PT."X" merupakan salah satu perusahaan manufacturing yang memproduksi macam –macam gasket untuk otomotif dan pertanian yang salah satu produk yang diproduksi yaitu Grommet gasket exhaust sepeda motor. Dalam pembuatan *Grommet gasket exhaust sepeda motor* sering terjadi *crack* (retak) dan *wrinkle* (berkerut) yaitu di proses drawing.

UKURAN BLANK

Kombinasi dari *drawing*, aliran material dan *handling* pada proses pembentukan material sehingga menjadi bentuk jadi akan menimbulkan masalah, menjamin bahwa selama proses tidak terjadi kekurangan *material*. Berikut adalah rumus untuk mencari ukuran blank yang terdapat bahu (flange) seperti gambar berikut :



Gambar 1.Cylindrical Drawing

$$D_0 = \sqrt{d_2^2 + 4 \cdot d_1^2 \cdot h}$$

Dimana :

D_0 : Diameter Blank (mm)

d_1 : Diameter dalam produk (mm)

h : Tinggi produk (mm)

Perhitungan Jari-jari Die

Tabel.1. Harga radius die

Condition	Relative Sheet Thickness (S_0 / r_d)		
	0.001 - 0.005	0.005 - 0.01	0.01 - 0.15
Without Flange	(0.15 - 10) x S_0	(10 - 5) x S_0	(5 - 0) x S_0
With Flange	(30 - 20) x S_0	(20 - 15) x S_0	(15 - 10) x S_0

Clearance Cetakan

Clearance cetakan didekati dengan persamaan yang disarankan oleh Oehler dan Kaiser, persamaan ini hanya untuk deep drawing circular tanpa ironing(Sumber G.Sach, Principles and Methods of Sheet-Metal Forming, (1951, hal 125) :

$$U_d = S_0 + 0,07 \sqrt{10 \cdot S_0} \text{ for steel sheet}$$

$$U_d = S_0 + 0,02 \sqrt{10 \cdot S_0} \text{ for aluminium sheet}$$

$$U_d = S_0 + 0,04 \sqrt{10 \cdot S_0} \text{ for other non ferrous metal}$$

$$U_d = S_0 + 0,20 \sqrt{10 \cdot S_0} \text{ for high temperature alloys}$$

Karena bahan yang digunakan adalah *other non ferrous metal* yaitu *Copper*, maka rumus yang dipakai adalah :

$$U_d = S_0 + 0,04 \sqrt{10 \cdot S_0}$$

Dimana :

S_0 : Tebal material awal (mm)

U_d : *Clearance* cetakan (mm)

Limit Drawing Ratio (LDR)

Drawability atau kemamputarikan suatu logam ditentukan oleh perbandingan antara diameter awal bahan baku terhadap diameter produk. Untuk bahan tertentu, terdapat perbandingan tarikan batas, yang menyatakan ukuran bahan baku terbesar yang dapat ditarik melalui cetakan tanpa sobek. Batasan maksimum dari limit drawing ratio (β_{maks}) dapat diperoleh pada tabel 2.2. untuk beberapa material dengan berbagai harga β_{maks} .

Tabel 2. Harga β_{maks} untuk beberapa material

Material Kind	β_{maks}
Steel Sheet depending on quality	1,8 - 2,2
Alumunium, Copper, Al, Cu, Mg Sheets	2,1
Bross Sheet depending on presstrain	1,7 - 2,2

Karena bahan yang digunakan dipabrik adalah *copper*, maka diperoleh drawing ratio maksimum (β_{maks}) adalah 2,1 sedang limit drawing ratio (β_{maks}) pada proses pembuatan grommet gasket exhaust sepeda motor adalah :

$$\beta_{maks} = (d_0 / d_1)$$

Dimana :

d_0 : Diameter awal Blank (mm)

d_1 : Diameter punch / diameter dalam produk (mm)

Koefisien Gesek (μ)

Untuk mengurangi kemungkinan terjadinya cacat, selain memilih jari jari cetakan ideal dan dengan pengamatan dari besarnya cetakan *blank holder*, maka sangat disarankan untuk memberikan pelumasan ketika proses pembentukan berlangsung, dimana pelumasan ini hanya diberikan didaerah gesekan antara benda kerja (*Blank*) dengan *Blank Holder* maupun cetakan. Dengan memberikan pelumas, maka gesekan menjadi lebih kecil, Harga koefisien gesek dipengaruhi oleh :

- jenis material yang mengalami gesekan
- kekerasan permukaan dari hasil permesinan
- pelumasan (jenis Pelumasan) yang menimbulkan lapisan film pada permukaan.

Tabel 3. Harga Koefisien Gesek (μ) dalam proses pembentukan

PROCESS	Coefficient of Friction (μ)	
	Pelumasan	Tanpa pelumasan
Rolling	0,05 - 0,1	0,2 - 0,7
Forging	0,05 - 0,1	0,1 - 0,2
Drawing	0,03 - 0,1	0,1-0,2
Sheet-Metal Forming	0,05 -0,1	0,1 - 0,2
Machinig	0,5 – 2	

Untuk menganalisa tegangan dari gaya deep drawing ditetapkan harga koefisien gesek : 0,06 yaitu dengan pelumasan dan 0,15 tanpa pelumasan.

RUMUS DASAR MENCARI GAYA

Pada saat dies sedang bekerja terdapat beberapa gaya yang harus diperhitungkan agar mesin yang dipakai tidak *over load*.

Gaya Potong (*cutting force*)

Gaya potong adalah gaya yang dibutuhkan pada saat penetrasi *punch* terhadap material. Jika *die* terdiri dari lebih dari satu *punch* untuk penetrasi terhadap material secara simultan maka gaya potongnya adalah penjumlahan dari gaya-gaya pada masing-masing *punch*. Tujuan utama untuk menghitung gaya potong dari suatu proses pemotongan adalah untuk menentukan besarnya daya mesin press yang digunakan dalam proses produksi. Pada umumnya perusahaan sudah memiliki sejumlah mesin press dengan kapasitas tertentu serta *loading* yang bervariasi sehingga perancangan *press dies* dapat menyesuaikan dengan kondisi perusahaan. Selain itu, pengetahuan tentang gaya potong sangat penting untuk mencegah *overload press* atau kegagalan dalam menggunakan kapasitas mesin press. Gaya F untuk *punch* dan *die* dengan pemotongan paralel dapat di estimasikan dalam persamaan :

$$F = l \times t \times \sigma_s$$

Dimana :

F = Shear load/beban pemotongan (N)

l = Panjang pemotongan atau keliling bidang potong (mm)

t = Tebal material (mm)

σ_s = Shear resistance ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$)

Umumnya Shear resistance besarnya 80% dari tensile strenght

$$\text{Shear resistance}(\sigma_s) = \text{tensile strength } (\sigma_{max}) \times 0.8$$

Dengan membentuk sudut potong (*shear*) pada ujung *punch*, bisa memperkecil beban pemotongan 30- 40%. Tetapi sudut *shear* ini menyebabkan tekanan dari arah samping sehingga ujung *punch* mudah rusak, maka sudutnya harus di bawah 5° , material hasil *punch* akan berubah bentuk jadi tidak cocok untuk proses blanking

Jadi:

$$F' = (0,6 - 0,7) \times F$$

Dimana :

F' = Gaya pemotongan shear punch dengan punch miring (N)

F = Gaya pemotongan normal (N)

Gaya Stripper

Seperti telah diketahui sebelumnya bahwa fungsi dari *stripper* adalah untuk menjepit atau menahan material agar material tidak bergerak ketika proses pemotongan atau pembentukan sedang berlangsung. Selain berfungsi sebagai penjepit atau penahan material, *stripper* elastis juga berfungsi mengarahkan ujung *punch* terhadap *die* ketika terjadi proses pemotongan sehingga *buckling* pada ujung *punch* dapat dihindarkan. Jenis *stripper* elastis ini adalah *stripper* pegas dan *stripper urethane*.. Dalam perhitungan bisa menggunakan rumus :

$$P_{ss} = 2.5\% \sim 20\% \times P_s$$

Dimana :

P_{ss} = *Stripping force* (N)

Gaya Mesin

Gaya mesin merupakan jumlah gaya potong dijumlahkan dengan gaya stripper sehingga diperoleh rumus berikut:

$$F_m = \Delta F + F_{ss}$$

Dimana :

F_m = Beban mesin (N)

ΔF = Total gaya potong (N)

F_{ss} = Gaya *stripper* (N)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan disini adalah metode perhitungan yang dilanjutkan dengan pemilihan material yang sesuai lalu di adakan pengujian di laboratorium

4. DATA DAN HASIL PEMBAHASAN

DATA MATERIAL

Pada proses pembuatan *grommet* exhaust sepeda motor tipe 54D, *material* dasarnya adalah *copper* (C1220) yang berbentuk coil dengan ukuran : 0,2 mmX 65mm X C, Spesifikasi sesuai JIS diberikan nilai mekanik (*mechanical properties*) sebagai berikut :

- ❖ Tegangan maksimum / UTS (σ_{max}) : 195 N/mm² (Lampiran Tabel II)
- ❖ 2.Elongation (EI) : 30% (Lampiran Tabel II)

Komponen-komponen lain yang mendukung dalam perhitungan, ditetapkan sesuai dengan kondisi material yang digunakan dan proses pembentukannya, adalah sebagai berikut :

- Koefisien kekuatan (K) untuk copper : 316 N /mm² (Lampiran Tabel I)
- Koefisien pengerasan Regangan (n) : 0.54 (Lampiran Tabel I)
- Koefisien gesek (μ) dengan pelumasan : 0.06 (Tabel 2.3)
- Koefisien gesek (μ) tanpa pelumasan : 0.15 (Tabel 2.3)

Berikut komposisi kimia sesuai standar JIS untuk material copper C1220

Tabel 1.
Chemical Composition of Copper C1220

Symbol of Grade	Standar	Chemical Composition (%)	
		C	P
C1220	Min	99,90%	0,015%
	Max		0,04%

PENENTUAN UKURAN BLANK

$$d_0 = \sqrt{d_2^2 + 4 \cdot d_1 \cdot h} \quad d_0 = \sqrt{50^2 + 4 \times 39,25 \times 10,65} = 64,59 \text{ mm}$$

PENENTUAN CLEARANCE

$$U_d = S_0 + 0,04 \sqrt{10 \cdot S_0} \quad U_d = 0,20 + 0,04 \sqrt{10 \cdot 0,25} = 0,26 \text{ mm}$$

PERHITUNGAN DRAWING RATIO

$$\beta_{maks} = \frac{d_0}{d_1} = \beta_{maks} = \frac{64,59}{39,25} = 1,94$$

PERHITUNGAN BLANK HOLDER FORCE

$$P_{BH} = 10^{-3} \times C \times \left[(\beta - 1)^3 + \frac{0,006 \times d_0}{S_0} \right] \times \sigma_{max} = 10^{-3} \times 2,5 \times \left[(1,9 - 1)^3 + \frac{0,006 \times 64,59}{0,20} \right] \times 195 = 0,35 \text{ N/mm}^2$$

PERHITUNGAN TEGANGAN ALIR SELAMA PROSES

$$\sigma_{f,m,1-2} = \frac{k}{\varphi_2 - \varphi_1} \left[\frac{\varphi^{n+1}}{n+1} \right] \varphi_2 \quad \text{dan} \quad \sigma_{f,m,2-3} = \frac{k}{\varphi_3 - \varphi_2} \left[\frac{\varphi^{n+1}}{n+1} \right] \varphi_3$$

$$\begin{aligned} \sigma_{f,m,1-2} &= \frac{k}{\varphi_2 - \varphi_1} \left[\frac{\varphi^{n+1}}{n+1} \right] \varphi_2 \\ &= \frac{316}{0,44 - 0,42} \left[\frac{0,44^{1,54} - 0,42^{1,54}}{0,54 + 1} \right] \\ &= 205,4 \text{ N/mm}^2 \\ \sigma_{f,m,2-3} &= \frac{k}{\varphi_3 - \varphi_2} \left[\frac{\varphi^{n+1}}{n+1} \right] \varphi_3 \\ &= \frac{316}{0,59 - 0,54} \left[\frac{0,59^{1,54} - 0,54^{1,54}}{0,54 + 1} \right] \\ &= 210,66 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

PERHITUNGAN CRACKING LOAD

$$F_{Cr} = \pi \times d_m \times S_0 \times \sigma_{max} = 3,14 \times 39,45 \times 0,20 \times 195 = 4831,05 \text{ N}$$

PERHITUNGAN GAYA DRAWING

$$\begin{aligned} F_{dmax} &= \pi \cdot d_m \cdot S_0 \left[e^{\mu \frac{\pi}{2}} \cdot 1,1 \cdot \sigma_{f,m,1-2} \ln \left(\frac{d_{fmax}}{d_m} \right) + \frac{2 \cdot 0,06 \cdot F_{BH}}{3,14 \cdot d_{fmax} \cdot S_0} + \sigma_{f,m,2-3} \frac{S_0}{2r_d} \right] \\ F_{dmax} &= 3,14 \times 39,45 \times 0,20 \left[e^{0,06 \frac{3,14}{2}} \cdot 1,1 \times 205,4 \ln \left(\frac{42,62}{39,45} \right) + \frac{2 \times 0,06 \times 689,54}{3,14 \times 42,62 \times 0,20} + 210,66 \frac{0,20}{2 \times 0,5} \right] = 1594,19 \text{ N} \end{aligned}$$

besar Gaya Drawing maximum $F_{dmax} = 1594,19 \text{ N}$ tersebut masih jauh dibawah Gaya Cracking (F_{cr}) = **4831,55 N** sehingga gaya drawing masih dianggap aman, maka dari itu pada desain dari produk grommet dan die tidak mengindikasikan adanya cacat produk, untuk itu perlu dilakukan dimana terjadi adanya perubahan dimensi dari die yang disebabkan oleh keausan setelah pemakaian beberapa kali pada proses pembuatan grommet exhaust tersebut. Adapun untuk Tegangan Maksimum pada proses drawing dengan gaya drawing sebesar $F_{dmax} = 1594,19 \text{ N}$ adalah :

$$\begin{aligned} \sigma_{max} &= \frac{F_{dmax}}{A} \\ \sigma_{max} &= \frac{F_{dmax}}{\frac{\pi}{4} \times d_2^2} \end{aligned}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{1594,19}{0,785 \times 39,25^2}$$

$$\sigma_{\max} = 1,32 \text{ N/mm}^2$$

Besar Tegangan maksimum pada proses drawing adalah sebesar = **1,32 N/mm²** masih jauh dibawah Tegangan maskimum bahan grommet gasket exhaust yaitu copper C1220 sebesar = **195 N/ mm²** jadi masih aman untuk dibentuk dan kecil kemungkinan terjadi crack (pecah).

PERHITUNGAN TEGANGAN YANG TERJADI PADA FLANGE

Tegangan Pada Flange

$$\sigma_{r.f} = 1,1 \times \sigma_{f,m,1-2} \times \ln \left[\frac{d_{fmax}}{d_A} \right]$$

$$\sigma_{r.f} = 1,1 \times 205,4 \times \ln \left[\frac{42,62}{40,77} \right]$$

$$\sigma_{r.f} = 10,03 \text{ N/mm}^2$$

Akibat Tekanan Blank Holder

$$\sigma_{r.BH} = 1,1 \sigma_{f,m,1-2} \ln \left[\frac{d_{fmax}}{d_A} \right] + \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{BH}}{\pi \cdot d_{fmax} \cdot S_0}$$

$$\sigma_{r.BH} = 1,1 \times 205,4 \times \ln \left[\frac{42,62}{40,77} \right] + \frac{2 \times 0,06 \times 689,54}{3,14 \times 42,62 \times 0,20}$$

$$\sigma_{r.BH} = 13,13 \text{ N/mm}^2$$

Sedangkan besar tegangan tangensial yang terjadi pada flange ($\sigma_{t.f}$) adalah:

$$\sigma_{t.f} = \sigma_{r.BH} - 1,1 \times \sigma_{f,m,1-2}$$

$$\sigma_{t.f} = 13,13 - 1,1 \times 205,4$$

$$\sigma_{t.f} = -212,81 \text{ N/mm}^2$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa tegangan terjadi adalah *tegangan kompresi*.

Perhitungan Tegangan karena Bending

$$\sigma_b = \sigma_{f,m,2-3} \times \left(\frac{S_0^2}{4 \cdot r_d} \right)$$

$$\sigma_b = 210,66 \times \left(\frac{0,2^2}{4 \cdot 0,5} \right)$$

$$\sigma_b = 16,85 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan Tegangan Karena Gesekan Die profile

$$\sigma_z = \sigma_{r.f} \times e^{\frac{\pi}{2}} + \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{BH}}{\pi \cdot d_{fmax} \cdot S_0}$$

$$\sigma_z = 10,03 \times e^{0,06 \frac{3,14}{2}} + \frac{2 \times 0,06 \times 689,54}{3,14 \times 42,62 \times 0,2}$$

$$\sigma_z = 14,12 \text{ N/mm}^2$$

Perhitungan Tegangan pada Dinding produk

$$\sigma_d = e^{\frac{\pi}{2}} \times 1,1 \times \sigma_{f,m,1-2} \times \ln \left(\frac{d_{fmax}}{d_m} \right) + \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{BH}}{\pi \cdot d_{fmax} \cdot S_0} + \sigma_{f,m,2-3} \frac{S_0}{2 \cdot r_d}$$

$$\sigma_d = e^{0,06 \frac{3,14}{2}} \times 1,1 \times 205,4 \times \ln \left(\frac{42,62}{39,45} \right) + \frac{2 \times 0,06 \times 689,54}{3,14 \times 42,62 \times 0,20} + 210,66 \frac{0,2}{2 \times 0,5}$$

$$\sigma_d = 65,11 \text{ N/mm}^2$$

Sedangkan tegangan tangensial yang terjadi pada titik 3 adalah :

$$\sigma_{t3} = k \frac{\sigma_3^{n+1}}{n+1}$$

$$\sigma_{t3} = 316 \frac{0,59^{0,54+1}}{0,54+1}$$

$$\sigma_{t3} = 91,05 \text{ N/mm}^2$$

Maka Tegangan Tangensial pada dinding produk adalah :

$$\sigma_{td} = \sigma_d - 1,1 \times \sigma_{t3}$$

$$\sigma_{td} = 65,11 - 1,1 \times 91,05$$

$$\sigma_{td} = -35,05 \text{ N/mm}^2$$

Tanda negatif menunjukan bahwa tegangan terjadi adalah **Tegangan kompresi**.

PENGARUH PELUMASAN

Perhitungan Terhadap Gaya Drawing

$$F_{dmax} = \pi \cdot d_m \cdot S_0 \left[e^{\mu \frac{\pi}{2}} \cdot 1,1 \cdot \sigma_{f,m.1-2} \ln \left(\frac{d_{fmax}}{d_m} \right) + \frac{2 \cdot \mu \cdot F_{BH}}{\pi \cdot d_{fmax} \cdot S_0} + \sigma_{f,m.2-3} \frac{S_0}{2r_d} \right]$$

$$F_{dmax} = 3,14 \times 39,45 \times 0,20 \left[e^{0,06 \frac{3,14}{2}} \cdot 1,1 \times 205,4 \ln \left(\frac{42,62}{39,45} \right) + \frac{2 \times 0,06 \times 689,54}{3,14 \times 42,62 \times 0,20} 210,66 \frac{0,20}{20,5} \right]$$

$$F_{dmax} = 1594,19 \text{ N}$$

dengan tanpa pelumasan dimana $\mu = 0.15$ maka gaya drawing menjadi :

$$F_{dmax} = 3,14 \times 39,45 \times 0,20 \left[e^{0,15 \frac{3,14}{2}} \cdot 1,1 \times 205,4 \ln \left(\frac{42,62}{39,45} \right) + \frac{2 \times 0,06 \times 689,54}{3,14 \times 42,62 \times 0,20} 210,66 \frac{0,20}{20,5} \right]$$

$$F_{dmax} = 1667,45 \text{ N}$$

PERHITUNGAN GAYA TRIMMING

$$\sigma_s = \text{tensile strenght } (\sigma_{max}) \times 0.8$$

$$= 195 \times 0.8$$

$$= 156 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{trim} = l \times S_0 \times \sigma_s$$

$$= 2 \pi r \times 0,20 \times 156$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 25 \times 0,20 \times 156$$

$$= 4898,4 \text{ N}$$

PERHITUNGAN GAYA PIERCHING

$$\sigma_s = \text{tensile strenght } (\sigma_{max}) \times 0.8$$

$$= 195 \times 0.8$$

$$= 156 \text{ N/mm}^2$$

$$F_{pierching} = l \times S_0 \times \sigma_s$$

$$= 2 \pi r \times 0,20 \times 156$$

$$= 2 \cdot 3,14 \cdot 19,625 \times 0,20 \times 156$$

$$= 3845,24 \text{ N}$$

PERHITUNGAN GAYA STRIPPER (*Stripping Force*)

Besarnya gaya stripper yaitu gaya untuk menjepit material adalah :

$$\begin{aligned}F_{\text{stripper}} &= 20 \% \times \text{Total Gaya Potong (proses drawing)} \\&= 0,2 \times (F_{\text{trim}} + F_{\text{dmax}}) \\&= 0,2 \times (4898,4 + 1594,19) \\&= 1298,5 \text{ N}\end{aligned}$$

PERHITUNGAN KAPASITAS MESIN YANG DIGUNAKAN

$$\begin{aligned}P_m &= F_{\text{dmax}} + F_{\text{trim}} + F_{\text{stripper}} \\&= 1594,19 + 4898,4 + 1298,5 \\&= 7791,09 \text{ N} \\&= 7791,09 \times 0,00010197 \text{ Ton} \\&= 0,79 \text{ Ton}\end{aligned}$$

5.1.KESIMPULAN

1. Material grommet yang digunakan adalah copper C1220 berbentuk coil dengan ukuran 0.2 X 65 X C.
2. Supaya tidak terjadi kekurangan dan kelebihan material / bahan yang digunakan, maka untuk membuat atau merencanakan design grommet diproses drawing dengan ukuran :
 - a. d_1 : Diameter dalam grommet : 39,25 mm
 - b. d_2 : Diameter dasar grommet : 38,25 mm
 - c. d_3 : Diameter bibir produk : 50 mm
 - d. h : Tinggi grommet : 10,65 mm
 - e. r_d : Jari-jari dasar grommet : 0,5 mm
 - f. r_b : Jari-jari bibir grommet : 0,5 mm
 - g. S_0 : Tebal Material grommet : 0,20 mmMaka ukuran ideal yang harus disiapkan atau dimensi bahan / material awal (d_0) yang digunakan adalah 64,59 mm
3. Tekanan *Blank Holder* (P_{BH}) = 0,35 N/mm², dimana tekanan ini cukup mampu dilakukan sebuah *machine* untuk menahan bahan / material, karena jauh lebih kecil dari Tekanan maksimum Machine yang digunakan (P_{max}) = 1 N/mm², sehingga kemungkinan terjadinya wrinkle / kerutan pada produk dalam proses pembentukan akan semakin kecil.
4. *radius bibir grommet* (r_d) = 0,5 mm, maka gaya drawing yang diberikan (F_{dmax}) = 1594,19 N dan mengalami tegangan maksimum (σ_{max}) = 1,32 N/mm². Dimana dalam perhitungan *Gaya Cracking* (F_{cr}) = 4831,05 N, yang mana F_{dmax} yang dihasilkan masih jauh lebih kecil dari F_{cr} . Sehingga design grommet masih aman dibentuk dalam *proses drawing*.
5. *Radius die* (r_d) berpengaruh pula pada Tegangan Dinding (σ_d) yang dihasilkan, dimana dari hasil perhitungan bila r_d = 0,5 mm, maka σ_d = 65,11 N/mm²
6. Tegangan yang dibutuhkan dalam proses agar *die profile* tidak cepat aus dan meminimalisasi cacat produk yang dibuat adalah maksimum sebesar nilai σ_z = -14,12 N / mm², dan tanda negatif merupakan bahwa tegangan yang terjadi adalah tegangan kompresi.

7. Dengan memberikan pelumasan selama *proses drawing*, maka gaya Drawing (F_{dmax}) yang diterima material sebesar 1594,19 N, hal ini sangat berbeda bila dalam proses tidak diberikan pelumas, dimana besar *Gaya Drawing* adalah (F_{dmax}) = 1667,45 N . dimana dapat dikatakan , bila tidak diberikan pelumas dalam proses, maka akan semakin besar kemungkinan terjadinya *Crack / pecah*, karena gaya drawing yang diberikan akan semakin besar dan mendekatti *gaya cracking*.
8. Gaya untuk *trimming* adalah 4898,4 N, untuk gaya *piercing* adalah 3845,24 N,dan untuk gaya *stripper* adalah 1298, N.
9. Kapasitas mesin yang digunakan dalam proses drawing adalah 7791,09 N atau 0,79 Ton , untuk aktualnya kapasitas mesin yang digunakan adalah 45 Ton dengan pertimbangan berdasarkan pengujian (Trial) dan kapasitas mesin yang paling kecil PT."X". jika kapasitas mesin yang digunakan semakin lebih besar maka akan loss energi yang digunakan dan produk akan timbul crack / pecah.

5.2. SARAN

Adapun saran-saran yang dapat diberikan oleh penulis dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Dalam perencanaan / design produk grommet gasket exhaust yamaha 54D, perlu dilakukan perencanaan yang matang tentang material apa yang mau digunakan dan apakah material tersebut mampu dibentuk dalam proses Drawing atau tidak dengan menganalisa lebih jauh dalam pendekatan perhitungan.
2. Perlu dipertimbangkan mengenai pendekatan perhitungan *biaya proses* dengan *biaya material* yang direncanakan dan *design* produk grommet gasket Exhaust yamaha 54D yang akan dibuat supaya dapat meningkatkan efisiensi dan produktifitas dalam proses produksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad Hasnan S,M *engenal Proses Deep Drawing*, Jakarta 2006.
2. Degarmo E.PAUL, *Material and Process in Manufacturing*, Macmillian Publishing, New York, 1979.
3. Eugene, D, Ostegarard, *Advanced Die Making*, Prentice Hall, New Jersey, 1967.
4. G.Sach, *Principles and Methods of Sheet-Metal Forming*, Rinhold Publishing Corporation, New York, 1951.
5. Ivana Suchy, *Handbook Of Die Design*, Mc. GRAW HILL Book Company,1998.
6. JIS Handbook, *Non Ferrous Metal and Metalurgy*, Japanese Standard Association, 2001.
7. John H. Bickford, *Gasket and Gasket Joints*, Marcel Dekker Inc, New York, 1998.
8. Masaya Tansin, *Press die design middle*.Jetro Japan,2009.
9. Serope Kalpakjian, *Manufacturing Process for Engineering Material*, Addison-Wesley Publishing Company, Chicago,1991.
10. Surdia Tata, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramitha, Jakarta, 1999.
11. Kimikazu Aida. 1967. *Aida Press Handbook*. Third Edition. Aida Engineering, Ltd.
12. H.RLuchsinger.1984. *Tool design 2*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Tehnologi Industri Institut Teknologi Bandung.